

PCT/IB05/050202

RECEIVED



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

REC'D 27 JAN 2005

WIPO PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

04100317.9

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Anmeldung Nr:  
Application no.: 04100317.9  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 29.01.04  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards  
GmbH  
Steindamm 94  
20099 Hamburg  
ALLEMAGNE  
Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Groenewoudseweg 1  
5621 BA Eindhoven  
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zum Synchronisieren von Nachrichtenübertragungen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H04B7/14

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

## BESCHREIBUNG

### Verfahren zum Synchronisieren von Nachrichtenübertragungen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Synchronisieren von Nachrichtenübertragungen zwischen mobilen Knoten in einem ad-hoc Netzwerk unter Verwendung eines Mediumzugangs-Protokolls.

In einem ad-hoc Netzwerk aus mobilen Knoten, das sich zum Zwecke des Informationsaustauschs zwischen den Knoten ohne eine stationäre Steuereinrichtung selbst organisiert, werden die Nachrichten zwischen den einzelnen Knoten drahtlos über Funkverbindungen ausgetauscht. Ein derartiges ad-hoc Netzwerk wird u. a. durch Kraftfahrzeuge im Straßenverkehr gebildet, die mit den geeigneten Sende-/Empfangseinrichtungen und weiteren dem Fachmann bekannten Vorrichtungen zum Auswerten bzw. Erstellen von gewünschten Nachrichten ausgestattet sind. Jedes der Kraftfahrzeuge kann dabei als mobiler Knoten des ad-hoc Netzwerks angesehen werden. Mit derartigen Netzwerken ist es beispielsweise möglich, dass ein Rettungsfahrzeug bei einer Annäherung an eine Verkehrskreuzung die anderen Kraftfahrzeuge durch den Austausch entsprechender Informationen auf sich aufmerksam macht und die Kreuzung für die schnelle Durchfahrt des Rettungsfahrzeugs freigehalten wird. Ebenso können die Kraftfahrzeuge Informationen über ihre jeweiligen Geschwindigkeiten austauschen, um bei einem Spurwechsel oder einem Einfädeln in eine Fahrspur eine Kollision zu vermeiden.

Hierfür werden unter anderem Mediumzugangs-Protokolle wie das IEEE 802.11-Protokoll verwendet, das den Zugang zu einem gemeinsamen Kommunikationsmedium ohne Verwendung einer zentralen Steuereinrichtung regelt. Die RTS- und CTS-Teile des MAC-Protokolls sind sehr hilfreich, um das "versteckte-Knoten-Problem" zu bewältigen und eine Überschneidung in der Nachrichtenübertragung zu vermeiden. Das versteckte Knoten Problem tritt auf, wenn sich zwei Knoten aus unterschiedlichen Richtungen einem dazwischenliegenden dritten Knoten nähern, wobei sich die Sende-

/Empfangsbereiche der beiden annähernden Knoten noch nicht überschneiden, so dass diese beiden Knoten einander gegenseitig nicht wahrnehmen können. Die RTS- und CTS-Teile des Protokolls sind für eine Punkt-zu-Punkt Kommunikation geeignet jedoch nicht für eine Vielfachvermittlung / Punkt-zu-Multipunkt Kommunikation. Im  
5 englischen wird eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikation oder -Verbindung auch als "Unicast"-Betrieb und eine Vielfachvermittlung / Punkt-zu-Multipunkt-Kommunikation oder -Verbindung als "Broadcast/multicast"-Betrieb bezeichnet. Ein ähnliches Problem tritt auf für die Bestätigung des korrekten Empfangs einer Nachricht. Unter einer peer-to-peer-Verbindung ist eine Kommunikation zwischen einem Sender und einem Empfänger zu verstehen. Der Sender sendet zunächst ein RTS (Request to send)-Signal aus,  
10 welches sowohl die Adresse des Senders als auch die des Empfängers umfasst. Daraufhin übermittelt der Empfänger ein CTS (Clear to send)-Signal mit der Adresse des Senders. Dadurch sind Sender und Empfänger jeweils für eine nachfolgende Datenübertragung zwischen ihnen vorbereitet. Die anderen Knoten des Netzwerks hören die RTS- und CTS-Signale mit und werden dementsprechend für die mit diesen Signalen  
15 mitübertragene Zeitdauer selbst keine Kommunikation aufnehmen. Hier wird das versteckte-Knoten-Problem dadurch gelöst, dass die vom Empfänger ausgesandten CTS-Signale auch von Knoten empfangen werden, die außerhalb der Reichweite des Senders liegen. Würde der Empfänger kein CTS-Signal übermitteln würde auch der  
20 Sender keine Daten übertragen und einen neuen Versuch durch Aussenden eines neuen RTS\_Signals starten.

Die Nachrichtenübertragung in einem „broadcast / multicast“-Betrieb ist anfällig für Überschneidungen von Nachrichtenübertragungen bzw. einen fehlerhaften Empfang  
25 von Nachrichten und weist daher nur eine geringe Leistungsfähigkeit auf. In einem drahtlosen ad-hoc Netzwerk ohne zentrale Steuereinrichtung ändert sich ständig die Anzahl der teilnehmenden Knoten sowie die Anzahl der Verbindungen zwischen den Knoten. Außerdem ändern sich ständig die äußeren Umstände.

Aus der Veröffentlichung Gökhan Mergen and Lars Tong: "Receiver controlled medium access in multihop ad hoc networks with multipacket reception", Military Communications Conference, 2001 MILCOM 2001, Page 1014-1018 vol. 2, 28-31 Oct. 2001 (see part 1-3,2) [20011028 Mergen] sowie der WO 02/15485 A 1 ist ein Verfahren  
5 bekannt, bei dem die Empfänger die Nachrichtenübertragung steuern. Hier ist jedoch nur ein einziger Empfänger pro Sender vorgesehen, so dass eine Mehrfach- oder Punkt-zu-Multipunkt-Vermittlung nicht unterstützt wird.

In der Veröffentlichung Lars Wischhof et al: "Adaptive broadcast for travel and traffic  
10 information distribution based on inter-vehicle communication [20030609 Wischhof Lars] wird ein Verfahren zur Selbstorganisation eines ad-hoc Netzwerks beschrieben, wobei von jedem Knoten das „transmission interval“ jedes Knotens an die lokale Umgebung angepasst werden kann, um die zur Verfügung stehende Bandbreite effizient auszunutzen. Eine Anpassung des „transmission intervals“ wird aber eine potentielle  
15 Synchronisierung der Knoten untereinander stören wodurch potentielle Überschneidungen weniger vorhersagbar werden und deshalb kaum vermieden werden können.

In der Veröffentlichung André Ebner et al: "Decentralized slot synchronization in highly dynamic ad hoc networks", Proceedings of the 5th International Symposium on  
20 Wireless Personal Multimedia Communication (WPMC'02) Honolulu Hawaii, Oct. 27-30, 2002 (see page 1-3) [20021027 Ebner Andre] wird eine dezentralisierte Zeitschlitz-Synchronisation vorgeschlagen, wobei der lokale Zeitschlitz eines Knotens entsprechend den empfangenen Zeitschlitz um einen bestimmten Bruchteil dieser Zeitschlitz verschoben wird. Dabei liegt zwischen den einzelnen Zeitschlitz eine Leerzeit, um die unterschiedlichen Längen der Zeitschlitz zu berücksichtigen. Dennoch ist  
25 es möglich, dass diese Leerzeit nicht ausreicht um die Differenz zwischen den (lokalen und empfangenen) Zeitschlitz zu kompensieren und dementsprechend es zu Überschneidungen oder Nachrichtenverlusten kommt.

Aus der US 6,565,582 B1 ist ein Verfahren zur Nachrichtenübertragung bekannt, wobei ein Sender und ein Empfänger im handshake-Modus miteinander kommunizieren und somit ein dritter Sender/Empfänger vom Zugang auf diesen Übertragungskanal ausgeschlossen ist. Mit diesem Verfahren wird aber eine Mehrfachvermittlung / Punkt-zu-  
5 Multipunkt-Vermittlung nicht unterstützt.

Die WO 02/28020 A2 offenbart ein Verfahren zur Vermeidung von Überschneidungen bei der Nachrichtenübertragung über einen Knoten hinweg, wobei mit bekannten Algorithmen ermittelt wird, welcher Knoten bei welchem Zeitschlitz sendet.  
10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren für Nachrichtenübertragungen anzugeben, mit dem eine Synchronisierung der einzelnen Knoten untereinander ohne die Verwendung einer zentralen Steuereinrichtung möglich ist. Insbesondere soll ein Zeitmultiplexverfahren geschaffen werden.  
15

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Der Kerngedanke der Erfindung besteht darin, dass die Nachrichten, die von den einzelnen Knoten des ad-hoc Netzwerks ausgesendet bzw. empfangen werden, aneinander  
20 angeglichen werden, um den Zeitpunkt des Sendens der Nachrichten vorhersagbar zu machen. Des Weiteren werden die Knoten derart miteinander synchronisiert, dass sie nicht miteinander kollidieren bzw. sich nicht überschneiden, wenn einer der Knoten wahrnimmt, dass andere Knoten in seinem Sende-/Empfangsbereich sind. Zusätzlich wird von einem Knoten, der zwei miteinander kollidierende oder sich überschneidende  
25 Nachrichten von zwei weiteren Knoten empfängt, dies an diese beiden Knoten zurückgemeldet. Es versteht sich, dass bei drei oder mehr sich überschneidenden Nachrichten alle aussendenden Knoten von dem empfangenen Knoten entsprechend informiert werden.



Im Rahmen der Erfindung kann das Angleichen der Nachrichten aneinander sowie die Synchronisation der Knoten in beliebiger Weise vom Fachmann ausgeführt werden, wird jedoch bevorzugt wie im Folgenden beschrieben ausgeführt.

- 5 Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass keine zentrale Steuereinrichtung notwendig ist, die mit einer internen Uhr in der Steuereinrichtung den Austausch von Nachrichten zwischen Knoten des ad-hoc Netzwerks synchronisiert, so dass insbesondere ein Netzwerk aus mobilen Knoten, wie es unter anderem im Straßenverkehr auftritt, sich selbst organisieren kann, um ein Netzwerk mit einer maximalen Durch-
- 10 flussrate an Informationen, die zwischen den einzelnen Knoten bzw. Kraftfahrzeugen des Netzwerks ausgetauscht werden, zu erhalten. Ebenso kann damit ein stabiles und zuverlässig arbeitendes Netzwerk geschaffen werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

- 15 Bevorzugt wird entsprechend dem Anspruch 2 ein dem Fachmann bekanntes TDMA-ähnliches Protokoll verwendet, um Nachrichten zwischen den Knoten in einem Zeitmultiplexverfahren ohne Verwendung einer zentralen Synchronisationsuhr auszutauschen. In einem TDMA-Protokoll bestimmen die Zeitschlitze in einem Datenüber-
- 20 tragungsblock, im Englischen "frame" genannt, die Verbindungen und die Zeiten, zu denen die Sender ihre Daten übertragen sollten. Um diesen festen Zugang zu ermöglichen werden die zu übertragenden Nachrichten in folgender Weise aneinander angeglichen: Jede Nachricht muss die gleiche Länge aufweisen. Wenn eine längere Nachricht übertragen werden soll muss diese in mehrere Segmente aufgeteilt werden, eine
- 25 kürzere Nachricht wird mit "padding bits" nach Art eines Puffersignals bzw. mit leeren Füllbits auf die entsprechende Länge gebracht. Des Weiteren überträgt jeder Sender seine Nachrichten mit einer für den Sender konstanten Nachrichtenübertragungsrate. Falls von dem Sender keine Nachrichten übertragen werden sollen können Leernachrichten übertragen werden. Dies kann dadurch vermieden werden, dass in diesem Falle
- 30 z. B. der letzte Zustand des Fahrzeugs also u. a. sein Ort und seine Geschwindigkeit

übertragen wird. Zusätzlich wird von jedem Sender-/Empfänger das Übertragungsmedium daraufhin überprüft, ob es in diesem Moment frei ist, also keine anderen Daten oder Nachrichten übertragen werden. Ein Zugang zum Medium wird entsprechend dem DCF-Teil des 802.11 MAC-Protokolls geregelt. Nach einer erfolgreichen Übertragung  
5 einer Nachricht wartet der Knoten eine bestimmte Zeitperiode ab, die von der Nachrichtenübertragungsrate abhängt, bevor er einen erneuten Versuch des Zugangs zum Medium entsprechend dem DCF-Protokoll versucht.

Falls alle Knoten mit der gleichen Nachrichtenübertragungsrate senden würden wäre  
10 eine Synchronisierung aller Knoten automatisch erreicht, da jeder Knoten nur dann senden würde, wenn kein andere Knoten sendet. Bei einem mobilen ad-hoc Netzwerk ist dies jedoch viel komplexer, da ein neu hinzukommender Knoten nicht auf die existierende Kommunikation synchronisiert ist und nicht notwendigerweise mit der gleichen Nachrichtenübertragungsrate seine Nachrichten überträgt und somit die  
15 existierende Synchronisierung stören kann.

Mit einer Begrenzung der Nachrichtenübertragungsrate pro Knoten wie im Anspruch 3 angegeben kann eine Synchronisierung der Knoten des Netzwerks insbesondere dann erreicht werden, wenn die Anzahl der Knoten klein genug ist, um in der verfügbaren  
20 Bandbreite der Funkfrequenzen des ad-hoc Netzwerks ausreichend freie Kapazität zu haben, damit die Nachrichtenübertragungsraten fluktuieren können.

Zwar ist der Zwang, dass jeder Knoten mit einer für ihn bestimmten Nachrichtenübertragungsrate sendet keine flexible Lösung, jedoch kann sie für einige Situationen  
25 vorteilhaft sein. Wie in Anspruch 4 gekennzeichnet sendet ein Knoten ein Anwesenheitssignal aus, um z. B. die anderen Verkehrsteilnehmer auf die Anwesenheit dieses Kraftfahrzeugs aufmerksam zu machen. Beispielsweise wird ein derartiges Anwesenheitssignal auf einer bestimmten Funkfrequenz gesendet, auf der keine anderen Nachrichten ausgetauscht werden dürfen. Das Anwesenheitssignal kann unter anderem einen  
30 Identifizierungscode, eine Positionsangabe, eine Geschwindigkeit und andere Informa-



tionen wie die Art des Kraftfahrzeugs enthalten. Aus diesen Anwesenheitssignalen kann auch auf die Verkehrsdichte geschlossen werden. Diese kann beispielsweise aus allen Anwesenheitssignalen und den Positionen errechnet werden. Im Falle eines Unfalls würden von vielen Kraftfahrzeugen entsprechende Warnsignale ausgesendet, um die anderen Verkehrsteilnehmer auf den Unfall aufmerksam zu machen. In diesem Fall sollten die Kraftfahrzeuge bzw. Knoten jeweils nur eine begrenzte Nachrichtenübertragungsrate zur Verfügung haben, um Überschneidungen zwischen zu viel ausgesendeten Nachrichten und einen Zusammenbruch des Netzwerks zu vermeiden. Zur Lösung dieses Problems können das Anwesenheitssignal und ein Warnsignal miteinander kombiniert werden, um eine Nachricht bestimmter Länge, die nur eine maximale Übertragungsrate benötigt, zu bilden. Bei einer normalen Verkehrssituation kann diese Nachricht bestimmter Länge praktisch vollständig aus Informationen über das Kraftfahrzeug bzw. sonstigen auszutauschenden Informationen bestehen, ohne dass das Netzwerk überlastet ist. Im Falle eines Unfalls kann dennoch das Anwesenheitssignal mit maximaler Übertragungsrate gesendet werden, um andere Verkehrsteilnehmer zu warnen.

Zur Optimierung der Nachrichtenübertragung zwischen den einzelnen Knoten weist jeder eine individuelle Übertragungsrate auf wie im Anspruch 5 beschrieben. Dies kann dadurch erreicht werden, dass ein Datenübertragungsblock aus Nachrichtenschlitzen definiert wird. Die Blockgröße, d. h. die Anzahl der Nachrichtenschlitze, ist für das gesamte Netzwerk festgelegt. Jeder Knoten definiert den Beginn seines eigenen Datenübertragungsblocks. Die Nachrichtenübertragungsrate dieses Knotens wird dann durch die Anzahl der Nachrichtenschlitze, die von diesem Knoten belegt werden, definiert. Wird nur mit einer geringen Rate gesendet wird z. B. nur einer der Nachrichtenschlitze von diesem Knoten belegt. Bei einer hohen Übertragungsrate können mehrere Nachrichtenschlitze belegt werden.

Zur Synchronisierung der Nachrichtenübertragung zwischen mehreren Knoten kann ein Datenübertragungsblock eines Knotens zeitlich verschoben werden, um zu Zeitpunkten zu senden, zu denen die anderen Knoten in dem ad-hoc Netzwerk nicht senden wie im

- Anspruch 6 angegeben. Falls sich ein Kraftfahrzeug einem bestehenden ad-hoc Netzwerk annähert kann es zu Überschneidungen in der Nachrichtenübertragung kommen, da dieser neue Knoten noch nicht synchronisiert ist. Unter Verwendung des IEEE 802. DCF-Protokolls kann eine Synchronisierung herbeigeführt werden. Eine
- 5 derartige Synchronisation ist vor allem geeignet, wenn der Knoten nur einen einzigen Schlitz eines Datenübertragungsblocks benutzt und keinen Schlitz eines anderen Knotens belegt. Der neue Knoten findet einen Schlitz in einfacher Weise dadurch, dass er lange genug wartet, bis das Medium frei ist, d. h. keiner der anderen Knoten eine Nachricht aussendet. Falls mehrere Schlitzze von dem neuen Knoten belegt werden
- 10 müssen diejenigen Schlitzze, die bereits von anderen Knoten belegt sind, von diesem freigemacht werden und zumindest zeitweise die Nachrichtenübertragungsrate verringert werden. Ein Knoten, der feststellt, dass ein Schlitz von einem anderen Knoten belegt ist, nimmt an, dass er selbst nicht synchronisiert ist und beendet die Übertragung von Nachrichten in diesem Schlitz und sendet lediglich in den restlichen von ihm und ebenfalls
- 15 nicht von anderen Knoten belegten Schlitzzen mit einer geringeren Nachrichtenübertragungsrate. Um wieder zur vollen Nachrichtenübertragungsrate zu gelangen wird ein vollständiger Datenübertragungsblock überwacht, um die freien Schlitzze herauszufinden und für eine eigene Nachrichtenübertragung zu nutzen.
- 20 Bei einer typischen Bandbreite einer zur Verfügung stehenden Funkfrequenz von 20 Mb/s und beispielsweise 400 Knoten bzw. Kraftfahrzeugen im ad-hoc Netzwerk können diese eine Funknachricht mit 1000 Bit alle 50ms übertragen. Dies entspricht einer Ausnutzung der Bandbreite von 40%. Die Zeitdauer eines Datenübertragungsblocks wäre in diesem Fall 50ms. Nähern sich hierbei zwei Knoten mit einer relativen
- 25 Geschwindigkeit von 100m/s und einer Wahrnehmungsreichweite von 100 Metern einander an steht ihnen eine Entfernung von 90 bis 95 Metern zur Verfügung, nachdem sie sich miteinander synchronisiert haben, falls keine Überschneidung neu belegter Schlitzze auftritt. Dementsprechend können sie während ungefähr 38 Datenübertragungsblöcken miteinander kommunizieren, bevor sie außer Reichweite gelangen. Falls eine
- 30 Vielzahl an Knoten sich in entgegengesetzten Richtungen bewegt, wie Kraftfahrzeuge

auf einer Landstraße, kann zwischen diesen praktisch keine Synchronisierung hergestellt werden. Hier empfiehlt es sich, dass die in unterschiedlichen Fahrtrichtung sich bewegendenden Knoten bzw. Kraftfahrzeuge jeweils auf unterschiedlichen Funkkanälen miteinander kommunizieren, so dass nur die in einer Richtung sich bewegendenden Knoten  
5 ein Netzwerk bilden.

Bei dem IEEE 802.11-Protokoll wird das Problem des versteckten Knotens mit Hilfe von RTS- und CTS-Signalen gelöst. Ein empfangender Knoten wird kein CTS-Signal übermitteln wenn zwei oder mehrere an ihn gerichtete RTS-Signale sich überschneiden,  
10 so dass die sendenden Knoten keine Daten übertragen, sondern zeitversetzt erneut versuchen, eine Kommunikation aufzubauen. Bei der Mehrfach- oder Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung ist das RTS- und CTS-Protokoll wenig hilfreich, da ein handshake-Modus mit jedem Empfänger nacheinander ausgeführt werden müsste. Anstatt ein CTS-Signal an den Knoten, zu übermitteln, von dem ein RTS-Signal ohne Fehler  
15 empfangen wurde, ist vorgeschlagen, dass der empfangende Knoten gerade das Gegenteil davon ausführt, nämlich den sendenden Knoten mitzuteilen, dass sie nicht senden sollen. Da die Nachrichten in Nachrichtenschlitzen in Datenübertragungsblöcken übertragen werden kann der empfangende Knoten, der eine Überschneidung feststellt, die sendenden Knoten über die Überschneidung im nächsten Datenübertragungsblock  
20 informieren. Dies kann in beliebiger Weise erfolgen. Die Grundidee besteht darin, dass in einem Datenübertragungsblock eine Überschneidung in einem Nachrichtenschlitz festgestellt und dies im nächsten Datenübertragungsblock den Knoten mitgeteilt wird. Dementsprechend können sie wiederum im nächsten Datenübertragungsblock einen freien Schlitz zum Übertragen von Nachrichten auswählen.

25 Normalerweise wird der Erhalt einer Nachricht vom empfangenden Knoten nur bei einer direkten Verbindung bzw. Nachrichtenübermittlung zwischen zwei Knoten mit einer Bestätigungsmeldung bestätigt. Falls von einem Knoten Nachrichten an eine Vielzahl anderer Knoten übermittelt werden erfolgt eine derartige Bestätigung nicht, da  
30 das Empfangen vieler Bestätigungsmeldungen zu lange dauern würde, so dass keine

effektive Kommunikation möglich wäre. Mit einer TDMA-artigen Organisation der Nachrichtenübermittlung in Datenübertragungsblöcken mit einer festgelegten Anzahl an  $n$  (Zeit-)Schlitzen eine Möglichkeit, derartige Bestätigungen zu übermitteln, gegeben.

- 5 Diese besteht darin, dass ein Vektor aus Bestätigungselementen zusammengesetzt wird wobei jedes Bestätigungselement einem Schlitz des Datenübertragungsblocks zugeordnet ist.

- 10 Jeder Knoten, der eine Nachricht in einem Schlitz überträgt, überträgt zusätzlich auch einen Bestätigungsvektor mit  $(n-1)$  Bits, wobei der Vektor die Bestätigung des korrekten Empfangs einer Nachricht in einem der vorhergehenden  $(n-1)$  Schlitze darstellt. Somit ist es möglich, dass jeder Knoten überprüfen kann, ob alle anderen an der Kommunikation beteiligten Knoten seine Nachricht korrekt innerhalb genau eines Datenübertragungsblocks empfangen haben und jeder Knoten kann überprüfen, welche  
15 Schlitze belegt sind. Dies kann nicht nur durch die direkte Überwachung der Übertragungen von Nachrichten in diesem Schlitz erfolgen sondern auch indirekt durch eine Interpretation des empfangenen Bestätigungsvektors. Wenn irgendeiner der empfangenen Vektoren anzeigt, dass beispielsweise in einem Schlitz  $k$  eine Nachricht korrekt empfangen wurde, wird dieser Schlitz von dem empfangenden Knoten als belegt  
20 markiert, auch wenn der empfangende Knoten selbst in diesem Schlitz von diesem anderen Knoten keine Nachricht empfangen hat. Dabei überwacht jeder Knoten ob und wenn ja welche Schlitze von Nachrichten belegt und welche frei sind.

- Ein Knoten, der in einem neuen Schlitz eine Nachricht übertragen möchte, überwacht  
25 den Austausch von Nachrichten für eine Periode des Datenübertragungsblocks sowie die zugehörigen Bestätigungsvektoren, die beispielsweise in einem geeigneten Speicher abgelegt werden. Aus diesen Informationen kann er direkt und/oder indirekt einen freien Schlitz auswählen, sofern einer verfügbar ist, in dem bisher keine Nachrichten übermittelt wurden. In diesem Schlitz überträgt er im nächsten Datenübertragungsblock  
30 seine erste Nachricht sowie einen Bestätigungsvektor während der nächsten Periode der Datenübertragung.

Ein Knoten, der im vorhergehenden Datenübertragungsblock eine Nachricht übermittelt hat, reserviert implizit den gleichen Schlitz für den nächsten Datenübertragungsblock wie in einem dem Fachmann bekannten R-ALOHA-System.

5

Bevor der Knoten in einem Schlitz eine Nachricht überträgt kontrolliert er, ob er die entsprechenden Bestätigungsmeldungen aller anderen Knoten empfangen hat, die innerhalb des Zeitraumes zwischen diesem Schlitz im vorherigen und dem Schlitz im neuen Datenübertragungsblock eine Nachricht übermittelt haben. Falls eine oder  
10 mehrere Bestätigungsmittelungen fehlen, wird dies vom Knoten gespeichert. Falls im nächsten Datenübertragungsblock wiederum eine oder mehrere der bereits fehlenden Bestätigungsmittelungen nicht empfangen werden wird dies mit den gespeicherten fehlenden Bestätigungsmittelungen verglichen und daraus ermittelt, ob von einem oder mehreren Knoten in den zwei vorhergehenden Perioden der Datenübertragung eine  
15 entsprechende Bestätigungsmittelung fehlte. Dementsprechend wird dieser Schlitz von dem empfangenden Knoten als von einem anderen Knoten belegt markiert und auf diesen Schlitz von dem Knoten nicht zur eigenen Nachrichtenübermittlung zurückgegriffen sondern ein anderer Schlitz ausgewählt.

20 Eine ähnliche Vorgehensweise ist in der Veröffentlichung F. Borgonovo, A. Capone, M. Cesana, L. Fratta: „ADHOC MAC: a new, flexible and reliable MAC architecture for ad-hoc networks“, Universität Mailand beschrieben. Hierbei wird von jedem Knoten eine Information übermittelt, um die belegten und freien Schlitz in einem Datenübertragungsblock anzuzeigen. Ein Schlitz wird als belegt markiert und in der folgenden  
25 Information wiedergegeben, wenn der Knoten eine Nachricht korrekt und vollständig empfangen hat. Dies entspricht dem vorstehend beschriebenen Bestätigungsvektor.

Falls ein Knoten von zwei oder mehr weiteren Knoten in dem gleichen Schlitz des Datenübertragungsblocks eine Nachricht empfängt unterscheiden sich die empfangenen  
30 Nachrichten üblicherweise in ihren Empfangsstärken aufgrund der unterschiedlichen



Abstände der Knoten zueinander, so dass nur die Nachricht mit der größten Empfangsstärke als korrekt empfangen von dem Knoten eingestuft wird. In diesem Fall sendet der empfangende Knoten eine Bestätigungsmitteilung für diesen Schlitz. In dieser Veröffentlichung wird von dem empfangenden Knoten auch ein Identifizierungssignal  
5 bezüglich des Knotens übermittelt, von dem die Nachricht korrekt empfangen wurde. Somit können die im gleichen Schlitz sendenden Knoten jeweils eindeutig feststellen, ob der empfangende Knoten eine Bestätigungsmitteilung für die von Ihnen übertragenen Nachrichten ausgegeben hat was aber nur für den einen sendenden Knoten mit der korrekt empfangenen Nachricht der Fall ist.

10

Durch die Miteinbeziehung der Identifizierung des übertragenden Knotens in die Bestätigungsmeldung wird die Menge der zu übertragenden Informationen jedoch in unerwünschter Weise erhöht, so dass die Leistungsfähigkeit zur Nachrichtenübermittlung verringert wird. Dies ist insbesondere der Fall, wenn in einem Datenübertragungsblock eine große Anzahl an Schlitzten vorgesehen sind und/oder wenn jeder  
15 Knoten einen weltweit einmaligen Identifizierungscode aufweist, der eine große Anzahl an Bits zur Verschlüsselung benötigt.

Demzufolge wird dieser Identifizierungscode in dem Bestätigungsvektor weggelassen,  
20 so dass dieser Vektor genau  $(n-1)$  Bits umfasst. Zwar besteht hier grundsätzlich die Möglichkeit, dass einige Knoten, die Nachrichten übermittelt haben, ein Bestätigungssignal empfangen, das für einen anderen Knoten bestimmt war. Dies würde das Verfahren zur Bestätigung des korrekten Empfangs einer Nachricht zwar weniger zuverlässig machen jedoch ist damit das versteckte-Knoten-Problem dennoch zuverlässig zu  
25 beheben.

Demgegenüber wird in der vorstehend genannten Veröffentlichung im Falle einer fehlgeschlagenen Nachrichtenübermittlung beispielsweise im Fall, dass nicht alle empfangenen Bestätigungsvektoren eine Belegung eines bestimmten Schlitzes anzeigen und  
30 dieser Schlitz im nächsten Datenübertragungsblock wieder für eine Nachrichtenüber-



mittlung freigegeben wird. Dies wird erfindungsgemäß dadurch vermieden, dass ein Schlitz erst dann freigegeben wird, nachdem von einem Knoten in zwei aufeinanderfolgenden Datenübertragungsblöcken für einen bestimmten Schlitz keine Bestätigungsvektoren empfangen worden sind. Durch das Weglassen eines Identifizierungscodes für  
5 den korrekt sendenden Knoten ist die Anzahl der vom empfangenden Knoten zu übertragenden Daten verringert, insbesondere weist der Bestätigungsvektor lediglich (n-1) Bits bei n Schlitzten im Datenübertragungsblock auf, anstatt mindestens n Elemente.

Es versteht sich, dass das Verfahren zum Synchronisieren von Nachrichtenübertra-  
10 gungen in einem ad-hoc Netzwerk zur Selbstorganisation der Knoten in beliebigen Systemen verwendet werden kann. Beispielsweise können die Container in einem Containerterminal mit den entsprechenden Vorrichtungen ausgestattet werden, um einen Knoten zu bilden, so dass der Warenfluss der Container optimierbar ist. Bevorzugt wird das Verfahren wie im Anspruch 8 angegeben zur Steuerung eines Verkehrsflusses ver-  
15 wendet, damit die Nachrichtenübertragung zwischen den einzelnen Verkehrsteilnehmern bzw. Kraftfahrzeugen optimiert ist und insbesondere Warnhinweise zuverlässig an die anderen Verkehrsteilnehmer übermittelt werden. In dem ad-hoc Netzwerk können beliebige Daten ausgetauscht werden, z. B. Telefongespräche zwischen den Verkehrsteilnehmern, solange eine Verbindung zwischen den Knoten besteht.

20

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1: ein Beispiel für das versteckte Knotenproblem,
- 25 Figur 2: einen Datenübertragungsblock mit Nachrichtenschlitzten,
- Figur 3: die Synchronisation der Nachrichtenübertragung,
- Figur 4: sich überschneidende Nachrichten, und
- Figur 5: sich überschneidende Nachrichten.

30

Aus der Darstellung in Figur 1 sind drei Knoten A, B, C mit ihren jeweiligen Funkreichweiten  $r$  entnehmbar, wobei sich die Knoten A und C in Richtung auf den ruhenden Knoten B aufeinander zu bewegen, wie durch die Pfeile angedeutet. Der Abstand der beiden Knoten A und C ist so groß, dass Knoten A von Knoten C keine  
5 Signale empfangen kann und umgekehrt. Daher ist es möglich, dass beide zum gleichen Zeitpunkt eine Nachricht übermitteln, die von Knoten B allerdings empfangen wird. Eine derartige Überschneidung wird als "versteckter Knoten Problem" bezeichnet. Wird eine derartige Überschneidung von Knoten B festgestellt wird ein entsprechendes Signal an die Knoten A und C übermittelt, die anschließend einen anderen Schlitz zur  
10 Nachrichtenübertragung verwenden.

In Figur 2 sind aufeinander folgende Datenübertragungsblöcke, englisch "frame" abgebildet, die jeweils aus  $n$ -Nachrichtenschlitzen bestehen. Ein Knoten verwendet hier zwei Nachrichtenschlitze, nämlich den ersten und den  $(n-1)$ ten, um Nachrichten an  
15 andere Knoten zu übertragen, wie durch die senkrechten Pfeile angedeutet. Der waagerechte Pfeil gibt die Länge eines Datenübertragungsblocks an.

In der oberen Hälfte von Figur 3 ist eine automatische Synchronisation abgebildet, die erfolgt, wenn ein neuer Knoten zu einem bestehenden Netzwerk hinzukommt. Der  
20 Knoten 2, der bereits im Netzwerk vorhanden ist, sendet in seinem Datenübertragungsblock in den Schlitzen 1 und  $n-1$ , wobei der Beginn der Datenübertragungsblöcke der Knoten 1 und 2 zeitlich unterschiedlich liegt. Der neu hinzukommende Knoten 1 überwacht das Medium darauf, dass gerade keine Nachricht gesendet wird. Somit wird der Datenübertragungsblock des Knotens 1 solange verschoben, bis sein Schlitz 4, in  
25 dem er eine Nachricht übertragen möchte, derart zeitlich angeordnet ist, dass er nach dem Schlitz 1 des Knotens 2 liegt wie auf der rechten Seite abgebildet.

In der unteren Hälfte in Figur 3 ist eine alternative Vorgehensweise des neuen Knotens 1 dargestellt. Ursprünglich möchte der neu hinzukommende Knoten 1 in  
30 seinem Datenübertragungsblock in den Schlitzen 2 und 4 eine Nachricht übermitteln.

Beim erstmalige Überwachen der Nachrichtenübertragungen der anderen Knoten stellt er fest, dass zum Zeitpunkt seines Schlitzes 4 das Medium vom Knoten 2 belegt ist. Daraufhin verschiebt der Knoten 1 seine Nachrichtenübertragung von seinem Schlitz 4 auf seinen freien Schlitz 5, der dem Schlitz 3 des Datenübertragungsblocks des Knotens 2 entspricht wie auf der rechten Seite dargestellt.

In Figur 4 ist ein Beispiel für die Handhabung des versteckten Knoten Problems abgebildet. Der Knoten B stellt eine Überschneidung von Nachrichtenübertragungen in seinem Schlitz 0 fest, wobei der Knoten A in seinem Schlitz 2 und der Knoten B in seinem Schlitz 6 eine Nachricht übertragen haben. Knoten B überträgt in seinem Schlitz 3 eine Nachricht. Nach dem Feststellen dieser Überschneidung wird vom Knoten B eine entsprechende Information an die Knoten A und C übermittelt, die auch jeweils einen freien Schlitz für diese Knoten enthalten kann. Die Art der Übertragung dieser Mitteilung ist beliebig ausgestaltbar. Daraufhin wird, wie in der rechten Hälfte der Figur 4 ersichtlich, vom Knoten A in seinem Schlitz 4 anstelle des Schlitzes 2 und vom Knoten C in seinem Schlitz 7 anstelle des Schlitzes 6 jeweils eine Nachricht ohne Überschneidung übermittelt.

Eine alternative Möglichkeit besteht darin, dass wie in Figur 5 abgebildet Knoten B sich dazu entscheidet, seine Nachrichten nicht länger in seinem Schlitz 3 sondern in seinem Schlitz 0 zu übertragen, was wiederum von den Knoten A und C festgestellt wird, woraufhin diese sich jeweils einen neuen Schlitz zur Nachrichtenübertragung auswählen. Die Änderung des Nachrichtenübertragungsschlitzes durch Knoten B wird von den Knoten A und C als Signal verstanden, dass sich Ihre Nachrichten überschneiden haben.

Um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass bei einer neuen Schlitz-Belegung zwei oder mehr Knoten den selben Nachrichtenschlitz zur Nachrichtenübertragung verwenden, können die Schlitzze zufällig aus den freien verfügbaren Schlitzze ausgewählt werden. Des Weiteren ist es möglich, dass jeder Knoten die belegten Nachrichten-

schlitze im zeitlichen Verlauf registriert. Hierfür wird von jedem Knoten eine Belegungsliste geführt, in der für jeden Schlitz eine Belegung im vorhergehenden Datenübertragungsblock abgespeichert ist. Ist ein Schlitz nicht belegt wird ebenfalls registriert, welcher Knoten diesen Schlitz vor wie vielen Datenübertragungsblöcken  
 5 belegt hat. Ein entsprechendes Beispiel ist in der nachfolgenden Tabelle abgebildet:

Schlitznummer	belegt	Knotennummer	Wie oft nicht belegt
0	ja	123	
1	nein	222	23
2	ja	342	
3	nein	143	20
4	nein	342	1

Um zu vermeiden, dass zwei oder mehr versteckte Knoten erneut sich überschneidende Schlitze auswählen wird von jedem betroffenen Knoten nur derjenige Schlitz für eine  
 10 eigene Nachrichtenübertragung ausgewählt, der noch nicht von anderen Schlitzen belegt ist und bevorzugt aus den Schlitzen gewählt, die seit längerer Zeit frei, d. h. nicht belegt waren und/oder der Schlitz zuletzt von dem Knoten belegt war, für den in der Tabelle keine aktuelle Belegung existiert also kein Eintrag mit „ja“ für diesen Knoten. Z. B. wurde der Schlitz 4 im vorletzten Datenübertragungsblock vom Knoten 342 verwendet, der aktuell  
 15 den Schlitz 2 belegt wohingegen die Schlitze 1 und 3 seit längerem frei sind, so dass der Knoten einen dieser Schlitze auswählen könnte.

BEZUGSZEICHENLISTE

	A, B, C	Knoten
5	1, 2	Knoten
	r	Funkreichweite eines Knotens

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Synchronisieren von Nachrichtenübertragungen zwischen mobilen Knoten in einem ad-hoc Netzwerk unter Verwendung eines Mediumzugangs-Protokolls, dadurch gekennzeichnet,  
dass
- 5   - die Nachrichten hinsichtlich ihrer Länge und Übertragungsrate aneinander angeglichen werden,  
- eine Nachricht von einem Knoten erst dann gesendet wird, wenn er feststellt, dass von keinem anderen Knoten eine Nachricht gesendet wird, und  
- ein Knoten, der zwei kollidierende Nachrichten empfängt, dies an die sendenden  
10   Knoten zurückmeldet.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein TDMA-artiges Protokoll verwendet wird.
- 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass von einem Knoten Nachrichten nur mit einer maximalen Übertragungsrate gesendet werden.
- 20
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Anwesenheits-Nachricht von jedem Knoten gesendet wird.



5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass jeder Knoten eine individuelle Übertragungsrate aufweist.

5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Datenübertragungsblock eines Knotens zeitlich verschoben wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass von einem Knoten, der zwei kollidierende Nachrichten empfängt, beiden  
sendenden Knoten mitgeteilt wird, dass sie zu diesem Zeitpunkt nicht senden sollen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Bestätigung der Verbindung zwischen Knoten ein Bestätigungsvektor dient.

9. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Steuerung eines  
Verkehrsflusses.

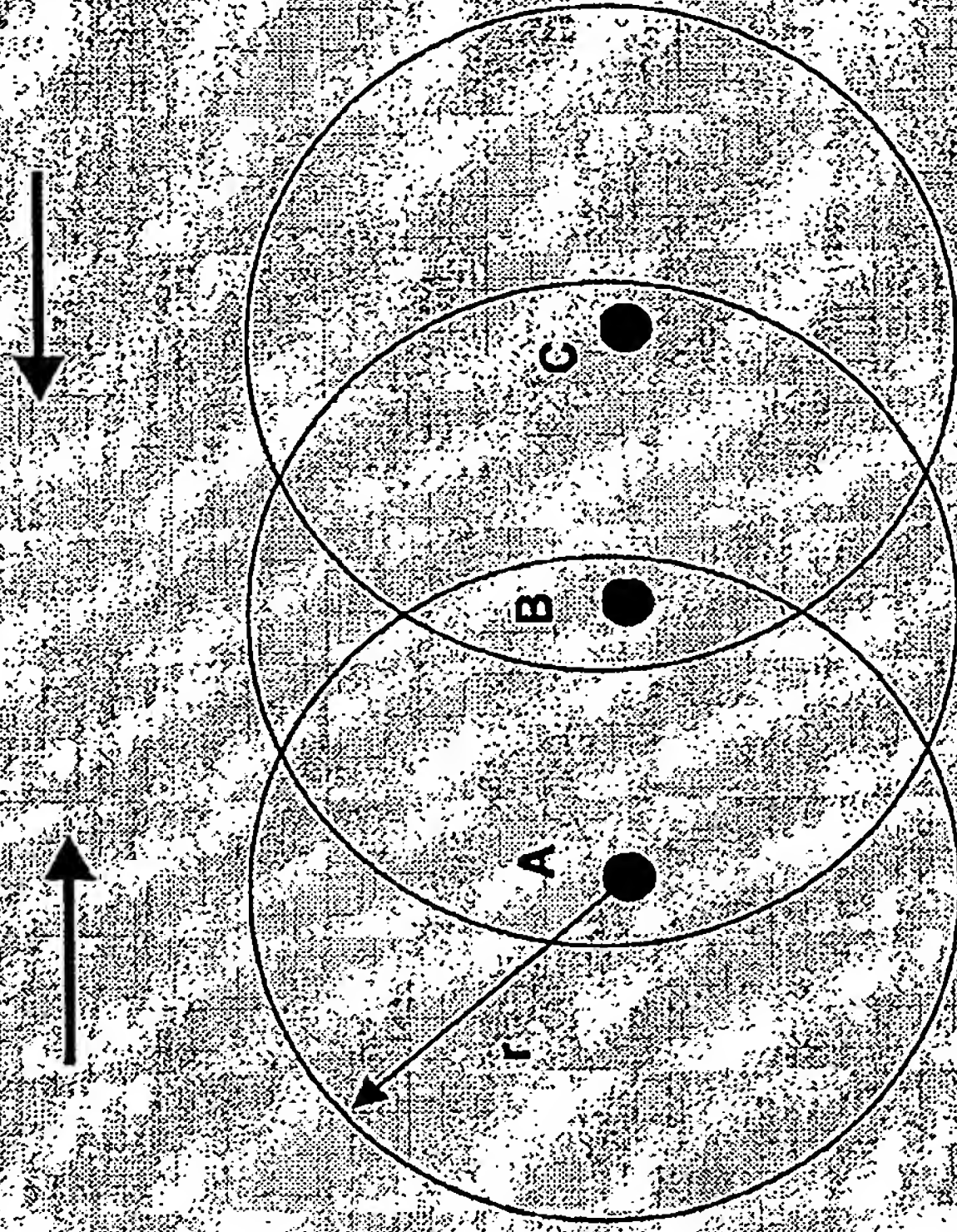
ZUSAMMENFASSUNG

## Verfahren zum Synchronisieren von Nachrichtenübertragungen

- Um ein Verfahren zum Synchronisieren von Nachrichtenübertragungen zwischen mobilen Knoten in einem ad-hoc Netzwerk unter Verwendung eines Mediumzugangs-
- 5 Protokolls zu schaffen, das eine Selbstorganisation ohne eine zentrale Synchronisationsuhr ermöglicht, wird vorgeschlagen, dass die Nachrichten hinsichtlich ihrer Länge und Übertragungsrate aneinander angeglichen werden, eine Nachricht von einem Knoten erst dann gesendet wird, wenn er feststellt, dass von keinem anderen Knoten eine Nachricht gesendet wird, und ein Knoten, der zwei kollidierende Nachrichten empfängt,
- 10 dies an die sendenden Knoten zurückmeldet.

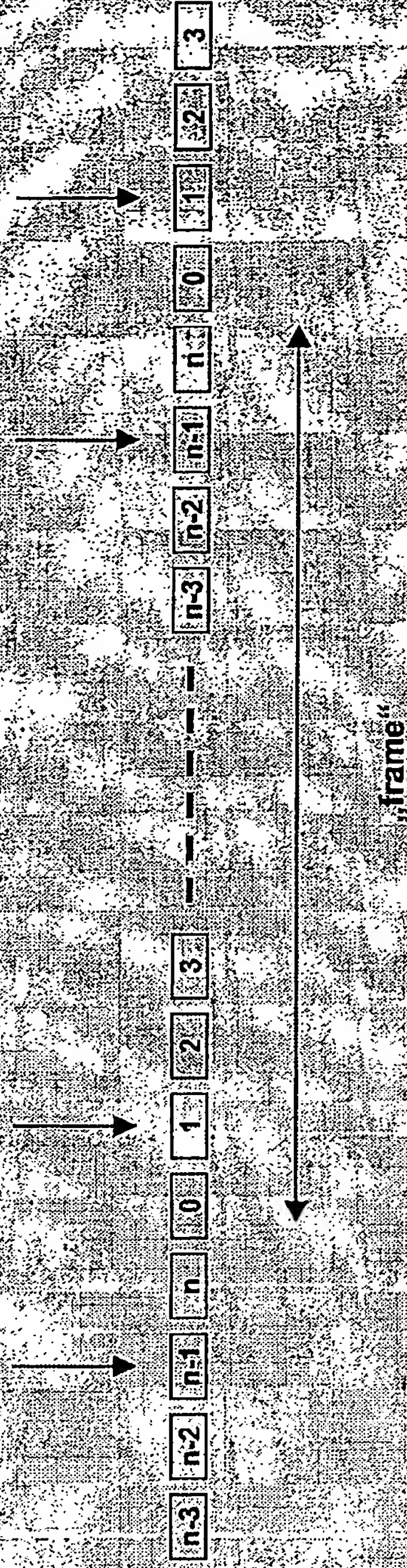
Fig. 2





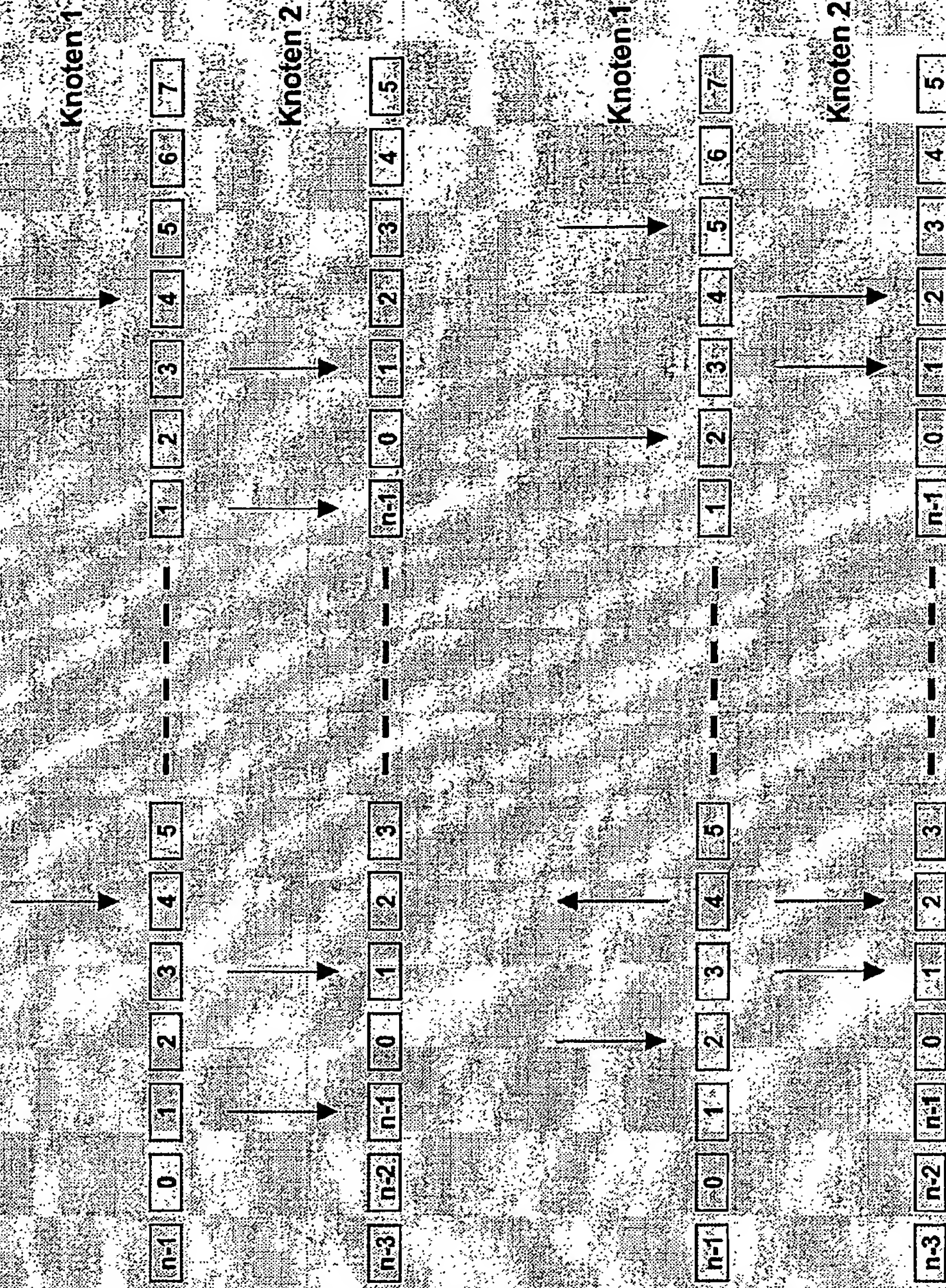
Figur 1





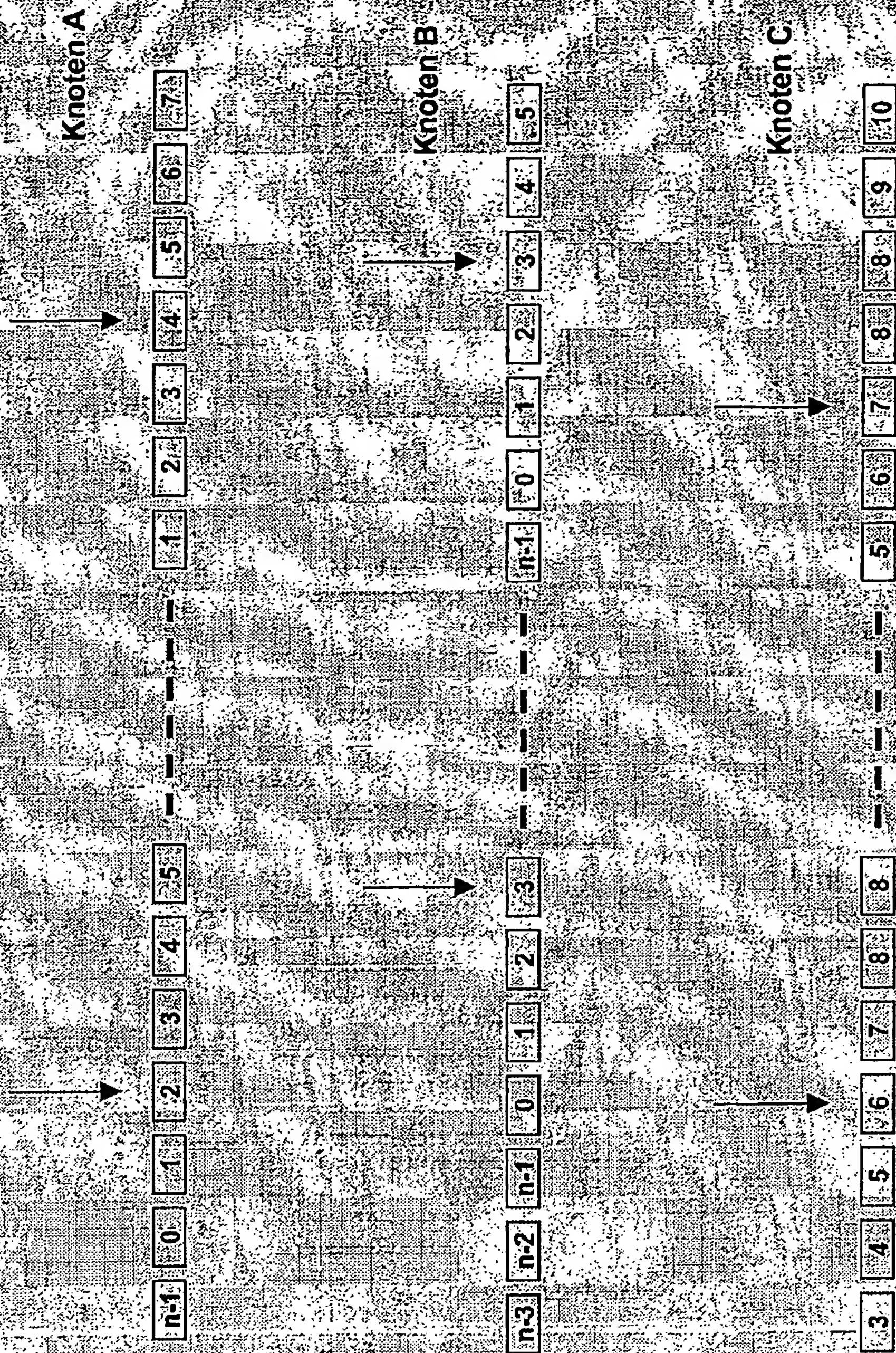
Figur 2





Figur 3





Figur 4